

H-11  
#9  
630  
Docket No.: GR 98 P 3829 P

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on the date indicated below.

By: Markus Nollf

Date: June 28, 01

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor : Gebhard Döpper  
Applic. No. : 09/840,552  
Filed : April 23, 2001  
Title : Process For Cleaning An Article, Process For Coating An Article, And Device Therefore

CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks,  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the European Application 981 19 920.1 PCT/EP99/07997, filed October 21, 1998.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Markus Nollf  
For Applicant

MARKUS NOLFF  
REG. NO. 37,006

Date: June 28, 2001

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101  
/ko  
Docket No.: GR 98 P 3829 P



2000

2000

2000

2000

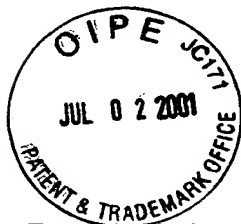
#9



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°

98119920.1

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE,    06/04/01  
LA HAYE, LE





Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: **98119920.1**

Anmeldetag:  
Date of filing:  
Date de dépôt: **21/10/98** ✓

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München  
GERMANY**

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
**Verfahren zur Reinigung eines Erzeugnisses**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
**C23C14/02, C23G5/00**

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: **AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TE** ✓  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

**Ursprünglicher Titel : Siehe bitte Seite 1 der Beschreibung.**



EPO - Munich  
34

21. Okt. 1998

1

## Beschreibung

Verfahren zur Reinigung eines Erzeugnisses, Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses und Vorrichtung hierzu

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenreinigung eines Erzeugnisses, insbesondere eines Bauteils einer thermischen Maschine, wie eine Gasturbinenschaufel oder ein Hitzesildelement, welches einen metallischen Grundkörper aufweist. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Aufbringen einer Beschichtung, insbesondere einer Wärmedämmschicht auf ein Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen metallischen Grundkörper aufweist. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Reinigung eines Erzeugnisses, die eine Substratkammer mit einer darin befindlichen Substratführung umfassend einen Substrathalter aufweist.

Aus der US-PS 5,238,752 ist ein Wärmedämmschichtsystem mit einem intermetallischen Haftvermittlungsüberzug bekannt. Das Wärmedämmschichtsystem ist auf einen metallischen Grundkörper aufgebracht, insbesondere einen Cr-Co-Stahl für eine Flugtriebwerksschaufel. Unmittelbar auf diesen metallischen Grundkörper ist eine intermetallische Haftvermittlungsschicht, insbesondere aus einem Nickelaluminid oder einem Platinaluminid aufgebracht. An diese Haftvermittlungsschicht schließt sich eine dünne keramische Schicht aus Aluminiumoxid an, auf die die eigentliche Wärmedämmschicht, insbesondere aus mit Yttrium stabilisierten Zirkonoxid aufgetragen ist. Diese keramische Wärmedämmschicht aus Zirkonoxid hat eine stabförmige Struktur, wobei die stabförmigen Stengel im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Hierdurch soll eine Verbesserung der zyklischen thermischen Belastungsfähigkeit gewährleistet sein. Die Wärmedämmschicht wird mittels eines Elektronenstrahl-PVD (Physical Vapour Deposition)-Verfahrens auf den Grundkörper abgeschieden, wobei mit einer Elektronenstrahlkanone aus ei-

2

nem metalloxidischen Körper Zirkonoxid verdampft wird. Das Verfahren wird in einer entsprechenden Vorrichtung durchgeführt, in der der Grundkörper auf eine Temperatur von etwa 950° C bis 1000° C vorgeheizt wird. Der Grundkörper wird wäh-  
5 rend des Beschichtungsvorganges in dem Strahl aus Metalloxid mit einer konstanten Geschwindigkeit rotiert.

Ein Elektronenstrahl-PVD-Verfahren zur Herstellung eines keramischen Überzuges ist weiterhin in der US-PS 5,087,477 be-  
10 schrieben, wobei hierin die keramische Schicht eine Schichtdicke zwischen 250 bis 375 µm aufweist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Reinigung ei-  
nes Erzeugnisses, insbesondere eines Bauteils einer Gastur-  
15 bine, anzugeben im Hinblick auf einen für das Erzeugnis vorgesehenen Beschichtungsprozeß. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer Schutzschicht und/oder Wärmedämmschicht. Eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung besteht  
20 in der Angabe einer Vorrichtung zur Reinigung und/oder zum Beschichten eines Erzeugnisses.

Erfindungsgemäß wird die auf ein Verfahren zur Reinigung der Oberfläche eines Erzeugnisses, welches einen metallischen  
25 Grundkörper aufweist, dadurch gelöst, daß ein Plasma mit elektrisch positiv geladenen Ionen erzeugt und die Ionen in Richtung des Erzeugnisses beschleunigt werden und auf den Grundkörper zum Zwecke der Reinigung auftreffen.

30 Mit dem Verfahren wird die Oberfläche eines Erzeugnisses, insbesondere eines Bauteils in einem Plasma, derart vorgereinigt, daß die Haftung aufzudampfender Schichten deutlich verbessert ist, als es bei einer reinen thermischen Reinigung, beispielsweise durch Entgasung, erreichbar ist. Vorzugsweise  
35 wird hierbei ein Elektronenstrahl auf den Grundkörper gerichtet und hierbei der Abfluß von auf den Grundkörper durch den Elektronenstrahl auftreffenden Elektronen gesteuert. Durch



- eine Steuerung des Abflusses der Elektronen von dem Grundkörper wird das elektrische Potential des Grundkörpers gesteuert. Der Abfluß kann hierbei zwischen einem maximalen Wert und einem minimalen Wert gesteuert werden, wobei der minimale Wert vorzugsweise Null beträgt, d.h. kein Abfluß von Elektronen stattfindet. In letzterem Falle fließen die Elektronen nicht ab und es wird ein Elektronenstau um das Erzeugnis herum erzeugt, der das Erzeugnis negativ auflädt. Bei Anwesenheit des Plasmas werden die positiv geladenen Ionen zum Erzeugnis hin beschleunigt und treffen mit einer parameterabhängigen Geschwindigkeit auf das Erzeugnis auf. Über einen Impulsaustausch mit der Oberfläche des Erzeugnisses werden dort vorhandene Verunreinigungen abgetragen.
- Vorzugsweise findet der Abfluß von Elektronen über eine elektrische Ableitung statt, die abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. Durch die Ableitung ist ein Strompfad realisiert, der ständig zwischen Durchgang und Sperrung hin und hergeschaltet werden kann. Die Wechselschaltung zwischen Durchgang und Sperrung des Strompfades kann mit einer konstanten, gegebenenfalls zeitlich veränderbaren Frequenz erfolgen. Durch eine Wechselschaltung kommt es zu einer wechselnden Ladung und Entladung des Erzeugnisses, durch die unter Anwesenheit eines Gases eine Wechselspannungsentladung (Plasma) gezündet bzw. aufrechterhalten werden kann. Auf diese Weise ist eine ständige Reinigung des Bauteils realisiert.

- Die Frequenz, mit der der Abfluß von Elektronen gesteuert wird, kann hierbei zwischen einigen wenigen Hertz bis in den Megahertzbereich betragen, insbesondere bei bis etwa 50 kHz liegen.

- Zwischen dem Plasma und dem Grundkörper besteht eine Potentialdifferenz, d.h. eine elektrische Spannung, welche durch eine Steuerung des Abflusses von Elektronen von dem Grundkörper beeinflussbar, insbesondere einstellbar ist. Diese Poten-

tialdifferenz ergibt eine Vorspannung in einem Bereich von etwa 100 V bis etwa über 1000 V. Diese Vorspannung kann so gewählt werden, daß die Bildung des Plasmas insbesondere durch eine Wechselspannungsentladung, gezündet und aufrecht-  
5 erhalten werden kann.

Vorzugsweise wird die Vorspannung zwischen den elektrisch positiv geladenen Ionen des Plasmas und dem Grundkörper bestimmt und kann gegebenenfalls zur Steuerung des Abflusses  
10 der Elektronen verwendet werden. Es ist somit möglich, auch einen Regelprozeß zwischen Vorspannung und Abfluß der Elektronen im Hinblick auf einen möglichst günstige Reinigung des Erzeugnisses je nach Art des metallischen Grundkörpers (geometrische Form, metallurgische Zusammensetzung etc.)  
15 durchzuführen. Die Vorspannung (auch als BIAS-Spannung bezeichnet) wird hierbei vorzugsweise zeitlich gemittelt gemessen und angezeigt werden.

Das Plasma wird vorzugsweise durch einen Elektronenstrahl erzeugt, insbesondere durch den Elektronenstrahl, der auf den Grundkörper gerichtet ist, und unter anderem auch der Beheizung des Erzeugnisses dienen kann. Es ist ebenfalls möglich, das Plasma in einem separaten Prozeß zu erzeugen und das bereits ionisierte Plasma in die Umgebung des Erzeugnisses zu  
20 leiten. Als Gas, aus dem das Plasma gebildet wird, findet vorzugsweise ein Inertgas, insbesondere ein Edelgas, wie Argon, Verwendung. Hierdurch ist sichergestellt, daß an der Oberfläche des Erzeugnisses, insbesondere des Grundkörpers, keine unerwünschten chemischen Reaktionen stattfinden, sondern lediglich eine Reinigung des Erzeugnisses. Alternativ  
30 hierzu kann auch ein reaktives Gas, insbesondere Wasserstoff, zur Plasmabildung verwendet werden. Bei der Verwendung von Wasserstoff können durch das Plasma auch auf dem Erzeugnis befindliche Oxide durch eine Oxidation zu Wasser entfernt  
35 werden.

Vorzugsweise ist das Erzeugnis geerdet und befindet sich mithin auf Massepotential, welches bei einem Beschuß mit einem Elektronenstrahl auch als Anodenpotential fungiert.

- 5 Vorzugsweise wird das Erzeugnis während der Reinigung, bei der positiv geladene Ionen auf das Erzeugnis auftreffen, um eine Rotationsachse gedreht. Hierdurch wird eine gleichmäßige Reinigung und Erwärmung des Erzeugnisses auch bei komplexen Geometrien erreicht.

10

- Das Erzeugnis wird während der Reinigung vorzugsweise gleichzeitig auf eine Beschichtungstemperatur, die insbesondere über 800 °C liegt, aufgeheizt. Diese Aufheizung kann mittels des Elektronenstrahls erreicht werden, der gleichzeitig dazu  
15 dient, ein steuerbares negatives Potential des Grundkörpers zu erzeugen.

- Das Verfahren zur Reinigung und gegebenenfalls gleichzeitigen Aufheizung des Erzeugnisses ist vorzugsweise in einen Prozeß  
20 zur Beschichtung des Erzeugnisses mit einer Schutzschicht, insbesondere einer Wärmedämmschicht, integriert. Die zweitgenannte auf ein Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß mithin dadurch gelöst, daß das Erzeugnis vor dem eigentlichen Beschichtungs-  
25 prozeß in der vorher beschriebenen Weise durch ein Plasma vorgereinigt wird.

- Vorzugsweise wird das Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht als Elektronenstrahl-Bedampfungsverfahren  
30 (Electron-Beam-Physical-Vapour Deposition; EB-PVD) oder als reaktives Gasfluß-Sputterverfahren, wie es beispielsweise in der WO 98/13531 A1 beschrieben ist, durchgeführt.

- Im Rahmen des gesamten Beschichtungsprozesses wird vorzugs-  
35 weise vor der Reinigung das Erzeugnis bereits auf eine Temperatur vorgeheizt, die insbesondere oberhalb der eigentlichen Beschichtungstemperatur des Erzeugnisses, welche über 800 °C

liegt, beträgt. Nach der Reinigung wird das Erzeugnis auf die Beschichtungstemperatur aufgeheizt, wobei hierunter auch zu verstehen ist, daß bereits während des Reinigens ein Aufheizen auf die Beschichtungstemperatur stattgefunden hat, so daß das Erzeugnis nach der Reinigung sich auf der Beschichtungstemperatur befindet. Das eigentliche Reinigungsverfahren wird hierbei vorzugsweise in einer Kammer, im folgenden als Substratkammer bezeichnet, durchgeführt. Diese kann eine Vorheizkammer einer Beschichtungsanlage, die eigentliche Beschichtungskammer oder eine separate nur für die Reinigung ausgeführte Kammer sein. Zur Erzeugung des Elektronenstrahls, welcher der elektrischen Aufladung des Grundkörpers dient, kann eine Elektronenstrahlkanone verwendet werden, die ebenfalls zur Durchführung des Beschichtungsprozesses verwendet wird oder entsprechend nur für die Reinigung oder eine Beheizung ausgelegt ist. Eine solche Elektronenstrahlkanone kann bis zu 150 kW Elektronenstrahlleistung aufweisen mit einer Beschleunigungsspannung von bis zu 35 kV.

Die auf eine Vorrichtung zur Reinigung eines Erzeugnisses, insbesondere eines Bauteils einer Gasturbine, gerichtete Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gelöst, die eine Substratkammer aufweist, in der eine Substratführung mit einer Substrathalterung zur Halterung des Erzeugnisses vorgesehen ist, wobei die Substratführung mechanisch fest, aber elektrisch isoliert mit der Substrathalterung verbunden ist und die Substrathalterung mit einer elektrischen Ableitung verbunden ist, wobei in der Ableitung ein Schalter angeordnet ist, der mit einer Steuereinrichtung zum Steuern des abwechselnden Öffnens und Schließens des Schalters verbunden ist.

Die Substratkammer kann hierbei die eigentliche Beschichtungskammer einer Beschichtungsanlage, eine Vorheizkammer einer Beschichtungsanlage oder eine separate Kammer darstellen.

35

Die Ableitung ist vorzugsweise mit einer Strom- und/oder Spannungsmeßeinrichtung verbunden, so daß der Elektronenstrom

durch die Ableitung sowie eine Vorspannung zwischen dem Grundkörper und einem in der Substratkammer vorhandenen Plasma gemessen werden kann. Das Plasma selbst wird vorzugsweise durch einen Beschuß des Grundkörpers mit einem Elektronenstrahl aus einer Elektronenstrahlkanone erzeugt. Die Elektronenstrahlkanone kann hierbei innerhalb der Substratkammer oder außerhalb dieser angeordnet sein und speziell für den Beschuß des Grundkörpers, beispielsweise zum Zwecke der Beheizung, ausgebildet sein. Es kann auch eine Elektronenstrahlkanone verwendet werden, die dem Beschuß eines Beschichtungs-Targets zur Herstellung einer Beschichtung auf dem Grundkörper dient.

Vorzugsweise ist die Substratkammer eine Beschichtungskammer einer Beschichtungsanlage und der Substrathalter sowie die Substratführung dienen nach der Reinigung des Erzeugnisses auch gleichzeitig der Halterung des Erzeugnisses während der Beschichtung mit einer Schutzschicht, insbesondere einer Wärmedämmschicht. Das Erzeugnis ist während der Reinigung in der Substrathalterung gehalten, die zur Substratführung, welche als Anode dient, isoliert ist. Die Substrathalterung bildet mit der Ableitung einen Strompfad, der steuerbar, d.h. schaltbar ist. Die Substrathalterung ist so ebenfalls auf das gleiche Potential wie die Substratführung, vorzugsweise auf Erdpotential (Masse) gebracht. Über die Frequenz des schaltbaren Strompfades, welcher über die elektrische Ableitung gebildet ist, können die Parameter wie Vorspannung, Geschwindigkeit der positiven Plasmaionen usw. so eingestellt werden, daß eine besonders gute Reinigungswirkung je nach verwendetem Erzeugnis entsteht.

Das Erzeugnis ist vorzugsweise ein Bauteil einer thermischen Maschine, insbesondere einer Gasturbine, wie einer stationären Gasturbine mit dem Einsatzgebiet in der Kraftwerkstechnik oder einer Flugtriebwerksturbine. Das Erzeugnis kann hierbei als ein Hitzeschild einer Brennkammer oder als eine Turbinenschaufel, eine Turbinenlaufschaufel oder Turbinenleitschaufel

ausgebildet sein.

Die Schutzschicht, insbesondere Wärmedämmschicht, ist vorzugsweise keramisch. Sie kann Zirkonoxid ( $\text{ZrO}_2$ ) oder ein anderes für den Einsatz bei hohen Temperaturen geeignetes keramisches Material, insbesondere ein Metalloxid, aufweisen. Ein Zirkonoxid ist vorzugsweise mit Yttriumoxid ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) oder einem anderen Oxid eines Elementes der Seltenen Erden teil- oder vollstabilisiert.

10

Der Grundkörper ist vorzugsweise metallisch ausgeführt. Für Anwendungen bei hohen Temperaturen mit entsprechenden Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit, eignen sich besonders Nickel- und/oder Kobaltbasislegierungen, wie sie beispielhaft unter anderem in der US-PS 4,405,659 angegeben sind.

15

Zwischen Grundkörper und Wärmedämmschicht ist vorzugsweise eine Haftvermittlerschicht angeordnet. Diese kann aus einer Legierung umfassend Chrom, Aluminium, Yttrium und/oder eines der Elemente der Gruppe IIIB des Periodensystems einschließlich der Actiniden und der Lanthaniden sowie zusätzlich oder alternativ Rhenium enthalten, wobei der überwiegende Rest der Legierung aus Eisen, Kobalt und/oder Nickel bestehen kann. Solche Yttrium aufweisenden Legierungen sind in der Literatur unter der Bezeichnung „MCrAlY“-Legierung zu finden. Legierungen die gegenüber dem Anteil an Yttrium deutlich mehr Rhenium enthalten können als „MCrAlRe“-Legierung bezeichnet werden. Zwischen der Haftvermittlerschicht und der Wärmedämmschicht kann eine Oxidschicht, insbesondere aus Aluminiumoxid, Chromoxid und/oder Galliumoxid vorgesehen sein. Eine solche Oxidschicht kann bereits als Oxid aufgebracht sein oder in infolge nachträglichen Oxidation (Thermally Grown Oxid, TGO) im Laufe der Zeit entstehen.

Ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Reinigung und zur Beschichtung eines Erzeugnisses werden nachfolgend beispielhaft

21-10-1998

GR 98 P 3829 E

EP98119920.1

DESC

9

anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigen teilweise schematisiert und nicht maßstabsgerecht

FIG 1

5 FIG 2

FIG 3

FIG 4

eine Turbinenlaufschaufel einen Querschnitt durch eine Turbinenschaufel einen Ausschnitt durch ein Wärmedämmschichtsystem der Turbinenschaufel gemäß FIG 2 und eine Beschichtungsanlage zur Beschichtung einer Turbinenschaufel mit einer Wärmedämmschicht.

10

In der FIG 1 ist in einer perspektivischen Ansicht eine Laufschaufel 1 einer Turbine, insbesondere einer Gasturbine, dargestellt, die einen Schaufelfuß 14 aufweist, mit dem die Laufschaufel 1 in eine nicht dargestellte drehbare Turbinenwelle befestigt werden kann. An den Schaufelfuß 14 schließt sich der eigentliche Schaufelblattbereich an, welcher sich von einer Anströmkante 7 zu einer Abströmkante 8 über einerseits eine Druckseite 9 und andererseits eine Saugseite 10 erstreckt. In dem eigentlichen Schaufelblattbereich sind Kühlkanäle 13 zur Führung eines Kühlmediums, insbesondere Kühlluft, vorgesehen. Der Schaufelblattbereich bildet eine gesamte Oberfläche 4 mit unterschiedlich gekrümmten Oberflächenbereichen.

25 In FIG 2 ist in einem Querschnitt eine Gasturbinenschaufel 1, ein Erzeugnis 1, dargestellt, die während eines Einsatzes in einer nicht gezeigten Gasturbine von einem Heißgas 16 umströmt wird. Im Querschnitt erstreckt sich die Turbinenschaufel 1 von einer Anströmkante 7 über eine Druckseite 9 und eine Saugseite 10 zu einer Abströmkante 8. Die Turbinenschaufel 1 ist aus einem Grundkörper 2 gebildet, in dessen Inneren mehrere Kühlkanäle 13 zur Führung von Kühlluft vorgesehen sind. Die gesamte Oberfläche 4 der Turbinenschaufel 1 ist mit einer Wärmedämmschicht 5 beschichtet.

Printed: 06-04-2001

9

## 10

In Figur 3 ist schematisch der Aufbau eines Wärmedämmschichtsystems 15 dargestellt. Das Wärmedämmschichtsystem 15 ist auf den Grundkörper 2 aufgebracht und weist unmittelbar an den Grundkörper 2 angrenzend eine Haftvermittlerschicht 11, daran angrenzend eine Oxidschicht 12 und auf der Oxidschicht 12 die eigentliche Wärmedämmschicht 5 auf. Die Haftvermittlerschicht 11 kann eine Legierung der Art MCrAlY oder MCrAlRe sein. Die Oxidschicht 12 kann im wesentlichen aus einem Aluminiumoxid bestehen oder alternativ oder zusätzlich weitere Metalloxide wie Chromoxid oder Galliumoxid aufweisen. Die Wahl der Haftvermittlerschicht 11 sowie der Oxidschicht 12 richtet sich selbstverständlich nach dem Material des Grundkörpers 2 sowie der aufzubringenden Wärmedämmschicht 5, die beispielsweise aus teilstabilisiertem Zirkonoxid bestehen kann. Die Wärmedämmschicht 5 weist eine Feinstruktur mit Keramikstengeln 6 auf, die im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche 4 des Grundkörpers 2 orientiert sind. Die Keramikstengel 6 weisen jeweils einen mittleren Stengeldurchmesser D auf, welcher bei einer Schichtdicke der Wärmedämmschicht 5 von etwa 100 µm bis 200 µm im Bereich zwischen 0,5 und 5 µm, vorzugsweise unterhalb 2,5 µm, liegen.

In Figur 4 ist in einem schematischen Längsschnitt eine Vorrichtung 20 zur Reinigung eines Erzeugnisses dargestellt, die in eine Beschichtungsvorrichtung zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht 5 auf das Erzeugnis 1, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, integriert ist. Die Vorrichtung 20 weist hierbei eine Substratkammer 24, die eigentliche Beschichtungskammer, auf, in der ein geeigneter Unterdruck (Vakuum) einstellbar und ein Gas, insbesondere ein Inertgas, eingeführt ist. Zur Erzeugung des Unterdrucks sind nicht dargestellte Pumpen vorgesehen, mit denen die Substratkammer 24 über einen Pumpauslaß 36 verbunden ist. Über eine Einführkammer 38 ist eine sich entlang einer Rotationsachse 32 erstreckende Substratführung 26, welche beispielsweise als ein hohlzylindrisches Rohr ausgeführt ist, in die Substratkammer 24 eingeführt. An die Substratführung 26 schließt sich mechanisch fest mit die-



## 11

ser verbunden eine Substrathalterung 22 an. In der Substrathalterung 22 ist das Erzeugnis 1 drehbar, gegebenenfalls auch schwenkbar, gehalten. Die Substratführung 26 ist von dem Substrathalter 22 durch eine Isolierung 27 elektrisch isoliert. Außerhalb der Substratkammer 24 ist die Substratführung 26 geerdet. Der Substrathalter 22 ist mit einer elektrischen Ableitung 28 verbunden, welche beispielsweise durch die Substratführung 26 hindurchgeführt ist. In der elektrischen Ableitung 28 ist eine Meßeinrichtung 31, insbesondere zur Messung eines elektrischen Stroms I und einer elektrischen Vorspannung U angeordnet. Weiterhin ist in die Ableitung 28 ein steuerbarer Schalter 29 oder ein anderes Element zur Steuerung des durch die Ableitung fließenden elektrischen Stroms I angeordnet. Die Ableitung 28 ist ebenfalls außerhalb der Substratkammer 24 geerdet. Der Schalter 29 sowie die Meßeinrichtung 31 sind mit einer Steuereinrichtung 30 verbunden, durch die der Schalter 29 steuerbar ist, so daß er in einer über die Steuereinrichtung 30 vorgebbaren Frequenz öffnet und schließt. Die für das Öffnen und Schließen verwendete Frequenz bzw. Ein- und Ausschaltdauer kann in Abhängigkeit der über die Meßeinrichtung 31 bestimmten Vorspannung U erfolgen. An der Substratkammer 24 oberhalb der Substrathalterung 22, der eigentlichen Beschichtungskammer, ist eine Elektronenstrahlkanone 18 vorgesehen, durch die ein Elektronenstrahl 19 erzeugt wird. Unter Nutzung der Erdung der Substratführung 26 und der steuerbaren Erdung des Substrathalters 22 wird der Elektronenstrahl 19 in Richtung des Erzeugnisses 1 geführt. Auf dem Weg zu dem Erzeugnis 1 führt der Elektronenstrahl 19 zu einer Ionisierung eines sich in der Substratkammer 24 befindenden Gases, beispielsweise eines Inertgases wie Argon. Hierdurch ist ein Plasma 21 in der Umgebung des Erzeugnisses 1 gebildet. Die von dem Elektronenstrahl 35 auf das Erzeugnis 1 auftreffenden Elektronen werden über die Ableitung 28 bei geschlossenen Schaltern 29 abgeführt. Bei geöffnetem Schalter 29 kommt es vor dem Erzeugnis 1 zu einem Elektronenstau, d.h. einer negativ geladenen Elektronenwolke um das Erzeugnis 1, wodurch eine Beschleunigung der positiv

geladenen Ionen des Plasmas 21 in Richtung des Erzeugnisses 1 stattfindet. Die so beschleunigten positiven Ionen treffen auf das Erzeugnis 1 auf und führen somit zu einer Entfernung von Verunreinigungen auf dem Erzeugnis 1. Durch den ständigen Wechsel zwischen einem Öffnen und Schließen des Schalters 29 kommt es mithin zu einer frequenzabhängig wechselnden Ladung und Entladung des Erzeugnisses 1, so daß eine Wechselspannungsentladung (Plasmabildung) gezündet bzw. aufrechterhalten wird. Auf diese Weise wird eine ständige Reinigung des Erzeugnisses 1 und eine Oberflächenaktivierung vor der Beschichtung ermöglicht.

In der Substratkammer 24, welche gleichzeitig die Beschichtungskammer einer Beschichtungsanlage darstellt, ist geodätisch unterhalb des Erzeugnisses 1 ein Beschichtungs-Target 23, beispielsweise aus Zirkon oder Zirkonoxid, angeordnet. In der Substratkammer 24 ist eine weitere Elektronenstrahlkanone 25 zur Erzeugung eines weiteren Elektronenstrahls 35 vorgesehen. Für die eigentliche Durchführung der Beschichtung des Erzeugnisses 1, z.B. einer Gasturbinenschaufel oder eines Hitzeschildelementes mit einer Schutzschicht, insbesondere einer Wärmedämmschicht aus einer Keramik, weist die Substratkammer 24 eine Zuführung 33 für ein sauerstoffhaltiges Gas 34 auf, so daß eine zusätzliche Oxidation für eine metallkeramische Wärmedämmschicht erreichbar ist. Während des eigentlichen Beschichtungsvorgangs wird das Beschichtungs-Target 23 geerdet. Der Elektronenstrahl 35 wird zum Beschichtungs-Target 23 hin abgelenkt (gestrichelt dargestellt) und er trifft nunmehr auf das Beschichtungs-Target 23 auftrifft und dort zu einem Verdampfen des Materials des Beschichtungs-Targets 23, insbesondere Zirkon oder Zirkonoxid, führt. Das so verdampfende Material strömt in Richtung des Erzeugnisses 1 und scheidet sich dort gegebenenfalls unter gleichzeitiger Oxidation als Schutzschicht (Wärmedämmschicht) ab. Das Erzeugnis 1 wird hierbei um die Rotationsachse 23 gedreht, indem die gesamte Substratführung 28 über einen nicht dargestellten Motor um die Rotationsachse 32 gedreht wird. Eine Drehung des Er-

zeugnisses 1 um die Rotationsachse 32 findet ebenfalls während des Reinigungsvorgangs mittels Plasma-Ionen statt. Auch während der Beschichtung kann die Plasmaentladung und somit der Ionenbeschuß des Substrats aufrechterhalten werden und so  
5 eine Zwischenreinigung erzielt werden.

In dem dargestellten Beispiel läßt sich der vollständige Beschichtungsprozeß in der Substratkammer 24 durchführen, wobei in einem ersten Verfahrensschritt das Erzeugnis 1 ohne Anwesenheit eines ein Plasma 21 bildendes Gas über einen Elektronenstrahl 35 auf eine Temperatur oberhalb der eigentlichen Beschichtungstemperatur aufgeheizt wird. In einem zweiten Verfahrensschritt findet bei nunmehr vorhandenem, das Plasma 21 bildenden Gas ein erneuter Beschuß mit einem Elektronenstrahl 35 statt, wodurch gleichzeitig eine Reinigung des Erzeugnisses 1 über das Plasma 21 und eine Aufheizung des Erzeugnisses 1 über den Elektronenstrahl 35 erreicht wird. Nach Beendigung der Reinigung des Erzeugnisses 1 ist dieses auf die Beschichtungstemperatur aufgeheizt und es erfolgt ein  
10 Elektronenbeschuß des Beschichtungs-Targets 23, wodurch die Schutzschicht, insbesondere Wärmedämmschicht, auf das Erzeugnis 1 aufgebracht wird. Durch die über das Plasma 21 erfolgte Reinigung des Erzeugnisses 1 ist die Haftung der Wärmedämmschicht an das Erzeugnis 1 besonders gut.  
15  
20



21. Okt. 1998

14

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenreinigung eines Erzeugnisses (1),  
welches einen metallischen Grundkörper (2) aufweist, wobei  
5 ein Plasma (21) mit elektrisch positiv geladenen Ionen er-  
zeugt und die Ionen in Richtung des Erzeugnisses (1) be-  
schleunigt werden und auf den Grundkörper (2) zur Reinigung  
auftreffen.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Elektronenstrahl  
(35) auf den Grundkörper (2) gerichtet wird und ein Abfluß  
von auf den Grundkörper (2) auftreffenden Elektronen gesteu-  
ert wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem eine elektrische Ablei-  
tung (18) für den Abfluß der Elektronen abwechselnd geöffnet  
und geschlossen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem der Abfluß von  
20 Elektronen mit einer Frequenz von einigen Hz bis MHz, insbe-  
sondere bis 50 kHz gesteuert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2,3 oder 4, bei dem der Abfluß von  
Elektronen so gesteuert wird, daß sich eine Vorspannung zwi-  
25 schen dem elektrisch positiv geladenen Plasma und dem Grund-  
körper von etwa 100 V bis 1000 V einstellt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem der  
Abfluß der Elektronen dadurch gesteuert wird, daß der Grund-  
30 körper (2) auf Massepotential gelegt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem  
eine Vorspannung zwischen dem elektrisch positiv geladenen  
Ionen des Plasmas (21) und dem Grundkörper (2) bestimmt  
35 wird.

15

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Plasma (21) durch einen Elektronenstrahl (35) erzeugt wird.

5 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Plasma (21) von einem Inertgas, insbesondere Edelgas, wie Argon, gebildet wird.

10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Plasma (21) von einem Reaktivgas, insbesondere Wasserstoff, gebildet wird.

15 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem gleichzeitig mit der Reinigung eine Aufheizung des Erzeugnisses (1) auf eine Beschichtungstemperatur, insbesondere von über 800 °C, durchgeführt wird.

20 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Oberfläche (4) eines als ein Bauteil einer Gasturbine ausgeführten Erzeugnisses (1), insbesondere einer Turbinenschaufel oder eines Hitzeschildelementes, gereinigt wird.

25 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Erzeugnis (1) um eine Rotationsachse (32) gedreht wird.

30 14. Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses (1), bei dem das Erzeugnis (1) nach einem Verfahren der vorhergehenden Ansprüche gereinigt, und anschließend mittels physikalischer Abscheidung aus der Dampfphase (PVD) mit einer Schutzschicht (5) beschichtet wird.

35 15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem das Erzeugnis (1) vor der Reinigung auf eine Temperatur, insbesondere oberhalb der Beschichtungstemperatur aufgeheizt und nach der Reinigung vor dem Beschichtungsprozeß auf die Beschichtungstemperatur, insbesondere von über 800 °C, aufgeheizt wird.



98P3829

2/2

FIG. 3

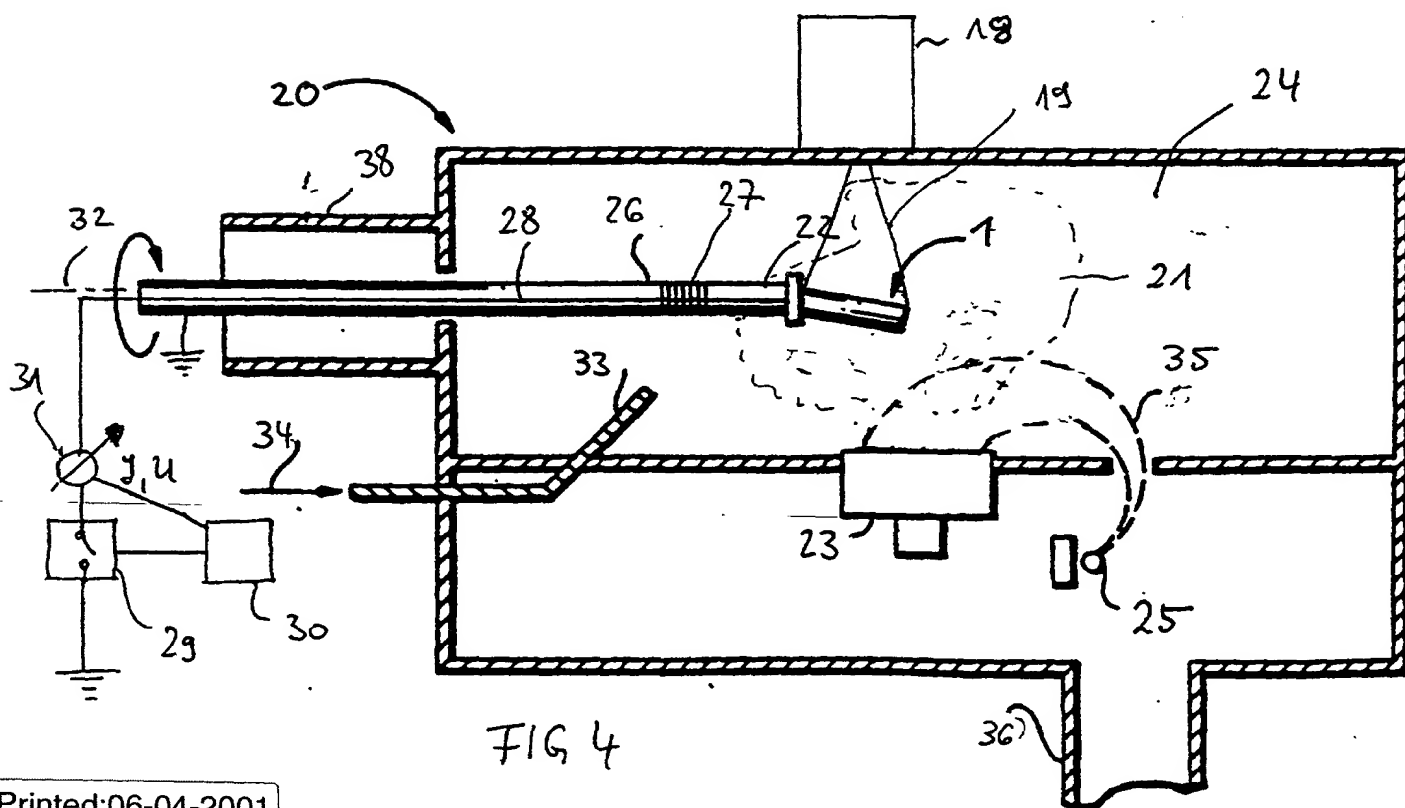
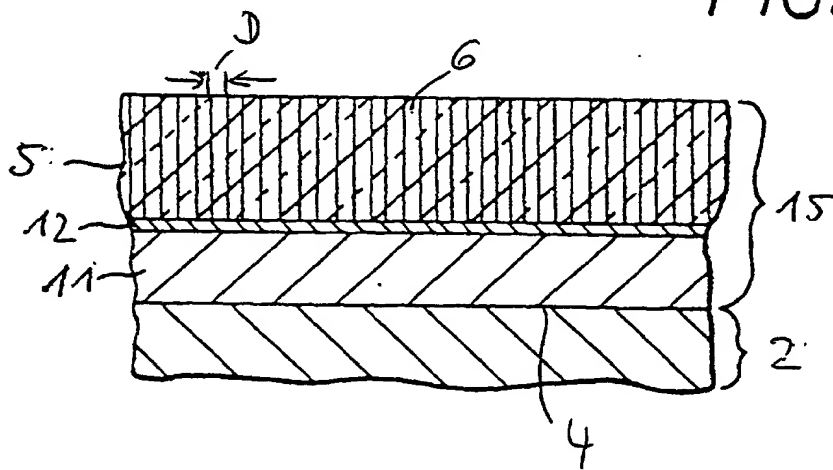


FIG 4



16. Vorrichtung zur Reinigung eines Erzeugnisses (1), insbesondere eines Bauteils einer Gasturbine, mit einer Substratkammer (24) in der eine Substratführung (26) vorgesehen ist, welche Substratführung (26) mechanisch fest und elektrisch isoliert mit einer Substrathalterung (22) zur Halterung des Erzeugnisses (1) verbunden ist, welche Substrathalterung (22) mit einer elektrischen Ableitung (28) verbunden ist, wobei in der Ableitung (28) ein Schalter (29) angeordnet ist, der mit einer Steuereinrichtung (30) zum Steuern des abwechselnden Öffnens und Schließens des Schalters (25) verbunden ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, bei der die Ableitung (28) mit einer Strom- und/oder Spannungsmeßvorrichtung (31) verbunden ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, bei der die Ableitung (28) über den Schalter (29) mit Erdpotential (Masse) verbindbar ist.



EPO - Munich  
34

21. Okt. 1998

17

## Zusammenfassung

Verfahren zur Reinigung eines Erzeugnisses, Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses und Vorrichtung hierzu

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenreinigung eines Erzeugnisses (1), welches einen metallischen Grundkörper (2) aufweist, wobei ein Plasma (21) mit elektrisch positiv geladenen Ionen erzeugt und die Ionen in Richtung des Erzeugnisses (1) beschleunigt werden und auf den Grundkörper (2) zur Reinigung auftreffen. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Reinigung eines Erzeugnisses (1).

10

FIG 4

